

**И. ГРАЙВОРОНСКАЯ**, асист., **Э. ХОБОТОВА**, д-р хим. наук, проф.,  
**В. ДАЦЕНКО**, канд. хим. наук, **И. МАРЧЕНКО**, студ., **В. МЕДНИКОВА**, студ.,  
**А. БОРОДКИНА\***, м. н. с.

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,  
\*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДСОРБЦИИ – ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Для обеспечения экологической безопасности окружающей среды решается вопрос усовершенствования технологических процессов, которые связаны с использованием органических красителей. Показано, что шлак на основе диопсида можно использовать в качестве сорбента органических красителей. Наиболее эффективна его активация раствором  $1\text{Н H}_2\text{SO}_4$ . Оптимальным соотношением «сорбат : сорбент» является 1 мг/г.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, шлак, адсорбция, диопсид

**Грайворонська І., Хоботова Е., Даценко В., Марченко І., Меднікова В., Бородкіна А.  
АДСОРБЦІЯ ОРГАНІЧНИХ БАРВНИКІВ ШЛАКОМ НА ОСНОВІ ДІОПСИДУ**

Для забезпечення екологічної безпеки довкілля вирішується питання удосконалення технологічних процесів що пов'язані з використанням органічних барвників. Показано, що шлак на основі діопсиду можна використовувати в якості сорбенту органічних барвників. Найбільш ефективна його активація розчином  $1\text{Н H}_2\text{SO}_4$ . Оптимальним співвідношенням «сорбат : сорбент» є 1 мг/г.

**Ключові слова:** екологічна безпека, шлак, адсорбція, діопсид

---

© Грайворонская И., Хоботова Э., Даценко В., Марченко И., Медникова В., Бородкина А., 2011

Grayvoronskaya I., Khobotova E., Datsenko V., Marchenko I., Mednikova V., Borodkina A.

**AN INCREASE OF ADSORPTION EFFICIENCY IS AN INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY OF PRODUCTION PROCESSES**

The question of improvement of technological processes which are CPLD with the use of organic dyes decides for providing of ecological safety of environment. It was shown that dyopside slag can be used as sorbent of organic dyes. The slag activation in 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution is more effective. The optimal ratio "sorbet : sorbent" is 1 mg/g.

**Key words:** ecological safety, slag, adsorption, dyopside

В настоящее время существует проблема поступления больших объемов вредных веществ с промышленными выбросами в воздушную и водную среду. Поэтому актуальны вопросы совершенствования технологических процессов, снижающих вредные выбросы, а также разработка новых эффективных методов очистки. Одним из перспективных методов очистки является сорбция. В литературе имеются сведения об использовании отходов различных производств в качестве сорбентов. Недостатком шлаков как сорбентов органических соединений является их невысокая емкость, поэтому исследователям необходимо проверять шлаковые сорбенты по емкости и эффективности извлечения. Шлак электрометаллургического производства показал достаточно высокую эффективность очистки сточных вод от СПАВ – 70,6% [4]. В отличие от этого натриевый шлакосиликатный сорбент [3] имеет невысокие значения сорбционной емкости по исследованным органическим соединениям: 0,075 мг/г по ксантогенату и 0,35 мг/г – по фенолу, поэтому он рекомендован для предварительной очистки промышленных стоков от флотореагентов. Использовать натриевый сорбент без дополнительной его обработки для глубокой очистки промышленных стоков от флотореагентов до санитарных норм нецелесообразно.

Ранее нами исследованы шлаки Побужского ферроникелевого комбината в качестве сорбентов органических красителей [1]. В качестве красителя исследован метиленовый синий (МС). Показана высокая степень очистки (92 %) и адсорбционная емкость 0,92 мг/г по отношению к МС. Целью работы являлось повышение эффективности адсорбции органических красителей шлаковым сорбентом на основе диопсида.

Экспериментальными методами исследования были спектрофотометрический и ИК-спектроскопии. Концентрации органиче-

ских соединений в течение сорбции определяли спектрофотометрическим методом с помощью SPEKOL 11. Начальные концентрации красителей, г/л: МС – 0,02; КК и МВ – 0,01.

С помощью ИК-спектроскопии изучена активность поверхностных функциональных групп [2]. ИК спектры получены в таблетках KBr на Фурье ИК-спектрофотометре SPECTRUM ONE (PerkinElmer).

В статических условиях изучен процесс сорбции диопсидовым шлаком органических красителей: метиленового синего (МС), конго красного (КК), метилвиолета (МВ). Ранее в работах [5, 1] нами показано, что наивысшая сорбционная емкость шлакового сорбента из диопсида по отношению к красителю МС наблюдается при его предварительной активации в растворе 1 Н Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 20 °С в течение 1 суток. Поэтому данный вид активации при сорбции МС был выбран основным.

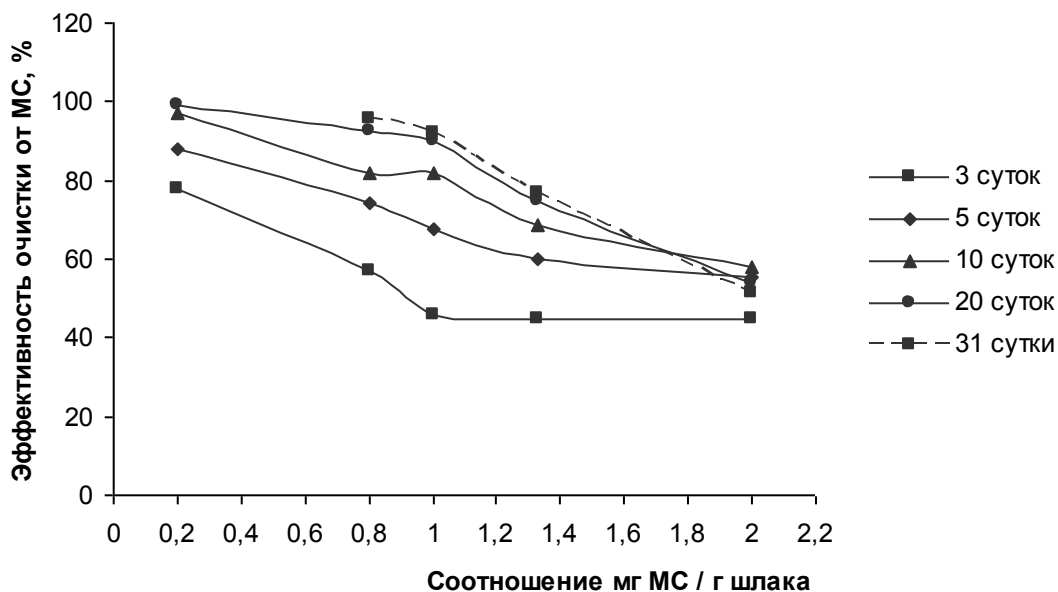
Результаты эксперимента показали, что величина статической обменной емкости (СОЕ) и эффективность сорбции МС зависит как от соотношения «МС : шлак», так и от времени сорбции (рис. 1, 2). С увеличением массы шлака эффективность сорбции увеличивается, однако, характер увеличения неодинаковый для разных интервалов сорбции (рис. 1). Для начального периода необходимо 5000-превышение массы шлака над количеством МС для достижения достаточной эффективности сорбции. За 5 суток аналогичная эффективность достигается при 1250-кратном превышении массы шлака. Кривые изменения эффективности сорбции от соотношения «МС : шлак», начиная с интервалов сорбции 10 суток, характеризуются нарастанием эффективности, начиная с 1000-кратного избытка сорбента.

При соотношении «МС : шлак» = 2мг/г (рис. 2, кривые 4, 4') спустя 11 суток начина-

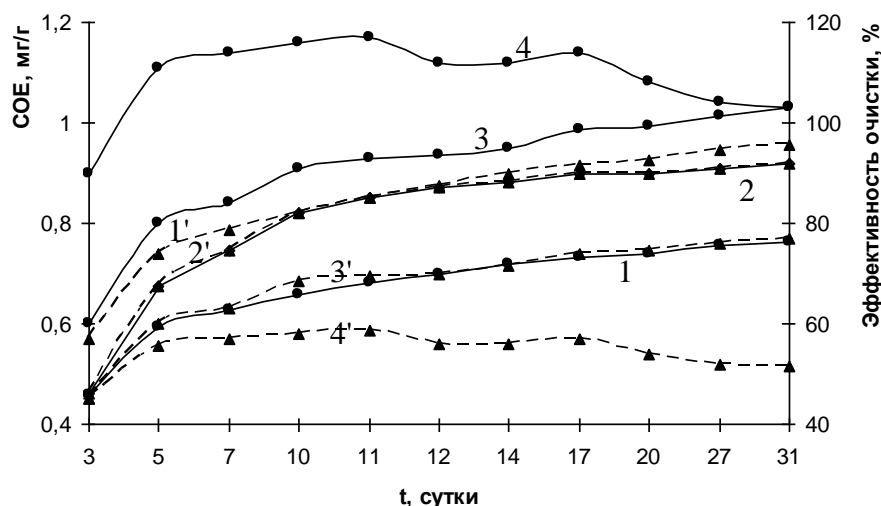
ється десорбція, поэтому данное соотношение нельзя рекомендовать для длительной сорбции. В этом случае зарегистрирована наиболее высокая СОЕ (1,17 мг/г на 11 суток) при самой низкой эффективности очистки 58,5%.

Наиболее целесообразно использование соотношения «МС : шлак» = 1 мг/г (рис. 2,

кривые 2, 2'), при котором в течение первых 12 суток СОЕ и эффективность очистки нарастают с наибольшей скоростью. Достаточно высокая СОЕ (0,92 мг/г) регистрируется при высокой эффективности очистки 92%. В течение 30 суток не отмечено явления десорбции.



**Рис. 1.** Зависимость эффективности сорбции МС шлаковым сорбентом от соотношения «МС : шлак» в различные интервалы сорбции

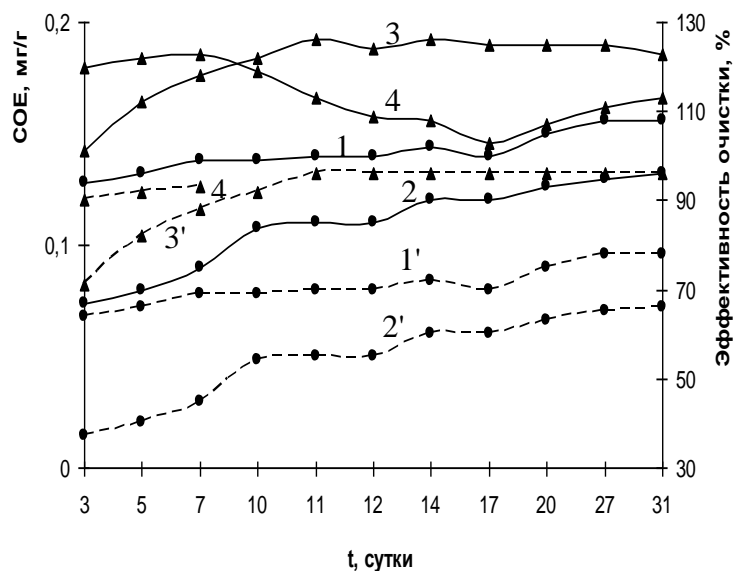


**Рис. 2.** Временные зависимости СОЕ (1-4) и эффективности очистки вод от МС (1'-4') при соотношениях «МС : шлак», мг/г: 1-0,8; 2-1,0; 3-1,33; 4-2,0

Зависимости СОЕ и эффективности представлены на рис. 3. Шлак на основе ди- очистки растворов от красителей КК и МВ опсида был активирован в течение 1 суток

двумя химическими реагентами: 1Н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 1Н  $\text{NaOH}$ . Как видно из рис. 3 сорбционные характеристики активированного кислотой диопсида выше, чем активированного щелочью. Для красителя КК это справедливо на всем временном интервале. Для МВ первоначально СОЕ и эффективность очистки вод

выше при сорбции на шлаке, активированном щелочью, однако, спустя 7 суток начинается десорбция МВ (рис. 3, кривая 4). Таким образом, щелочноактивированный шлак нецелесообразно использовать при длительной сорбции в статических условиях.



**Рис. 3** – Временные зависимости СОЕ (1-4) и эффективности очистки вод (1'-4') от органических красителей КК (1, 2) и МВ (3, 4) при соотношениях «сорбат : шлак», мг/г: 1-0,8; 2-1,0; 3-1,33; 4-2,0 и предварительной активации шлака в 1Н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1, 3) и 1Н  $\text{NaOH}$  (2, 4)

Эффективность способов активации была оценена сравнением ИК-спектров поверхности шлака (рис. 4). ИК спектры образцов, полученных при обработке паром, водой и сульфатом алюминия, идентичны контрольному образцу (рис. 4 а). Полоса  $1063\text{ см}^{-1}$  связана с валентными асимметричными колебаниями связи  $\text{Si-O-Si}$ . Поглощение в области  $3430\text{ см}^{-1}$  связано с валентными колебаниями молекул воды. На максимум поглощения молекул воды ( $3430\text{--}3435\text{ см}^{-1}$ ) не оказывает существенного влияния характер обработки. Таким образом, указанные химические реагенты нельзя рекомендовать как активаторы поверхности шлака.

В образце, обработанном гидроксидом натрия (рис. 4 б), наблюдается усиление деформационных колебаний молекул воды в области  $1629\text{ см}^{-1}$  и появление пика в области  $1583\text{ см}^{-1}$ , который можно отнести к деформационным колебаниям гидроксид-иона. В области  $3000\text{--}3600\text{ см}^{-1}$  изменений не фик-

сируется, хотя интенсивность пика  $3430\text{ см}^{-1}$  несколько больше, чем для ранее рассмотренных образцов.

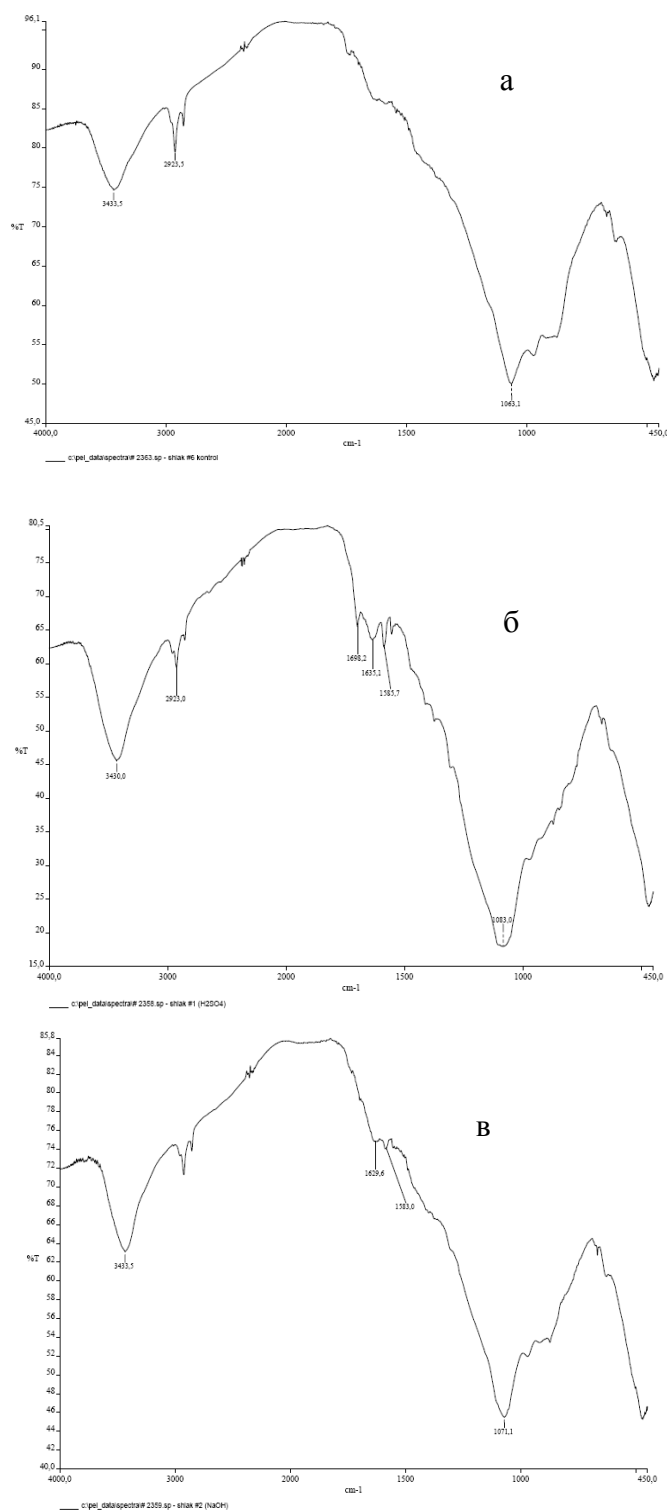
Для образца, выдержанного в растворе серной кислоты (рис. 4 в), в области деформационных колебаний молекул воды наблюдается три пика  $1698$ ,  $1635$  и  $1585\text{ см}^{-1}$ . Появление дополнительного пика является следствием новой координации молекул воды с кристаллической решеткой диопсида. Интенсивность пика  $3430\text{ см}^{-1}$  наибольшая в сравнении с остальными образцами. Исходя из этого, можно сделать вывод, что обработка серной кислотой является наиболее эффективным методом активации шлака.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что шлак на основе диопсида можно использовать в качестве сорбента органических красителей на уровне их низких концентраций. Наиболее эффективна его активация раство-

ром  $1\text{H H}_2\text{SO}_4$ . Оптимальним соотношением «сорбат : сорбент» является 1 мг/г.

Применение адсорбента – шлака на основе диопсида способствует повышению

экологической безопасности процессов, связанных с производством органических красителей.



**Рис. 4** – ИК-спектры образцов шлака на основе диопсида, обработанного различными реагентами:  
а – исходный шлак; б – серной кислотой; в – гидроксидом натрия

### ЛИТЕРАТУРА

1. Грайворонская И. В. Выявление сорбционных свойств ферросплавных шлаков в зависимости от их структуры и состава / Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов: сборник трудов XVIII Междунар. научно-практ. конф. Т. 2. УкрГНТЦ «Энергосталь». – Х.: «НТМТ», 2010. – 552 с.
2. Лазарев А. Н. Колебательные спектры сложных окислов. Силикаты и их аналоги / А. Н. Лазарев, А. П. Миргородский, И. С. Игнатъев. – Л., 1975. – 296 с.
3. Приймак Т. И. Адсорбция органических соединений и паров воды на натриевом шлакосиликатном сорбенте / Т. И. Приймак, А. П. Зосин, Н. В. Куценко, В. П. Маковчук // Природные и техногенные силикаты для производства строительных и технических материалов. Л.: Наука, 1977. – С. 186-190.
4. Свергузова С. В. Использование шлаков после очистки сточных вод / С. В. Свергузова, Т. А. Василенко // Сб. научн. статей XIII междунар. научно-практ. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов» / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Х.: Райдер, 2005. – С. 54.
5. Хоботова Э. Б. Изучение условий активации шлакового сорбента / Э. Б. Хоботова, И. В. Грайворонская, В. В. Даценко, В. Н. Баумер // Вісник Донецького національного університету. Серія А: Природничі науки, 2009. – Вип. 2. – С. 400-406.

Надійшла до редколегії 17.11.2010